

عنوان مقاله :

استقرار سیستم نگهداری و تعمیرات مدرن در کارخانجات

۹

نقش آن در کاهش شدت مصرف انرژی

نویسنده‌گان :

سیف الله گرجی (معاونت پژوهشی مهندسی شرکت سیمان آبیک)

سید محمد ایمان علوی (رئیس برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات شرکت سیمان آبیک)

خلاصه :

یکی از ارکان اساسی و موثر در مدیریت انرژی ، وجود یک سیستم نگهداری و تعمیرات مدرن در کارخانجات می باشد که می توان گفت غفلت از آن بنوعی نقص مدیریت انرژی سازمان محسوب می شود . قطعاً تولید کالا با کیفیت بالاتر و هزینه کمتر (خصوصاً با اعمال مدیریت صحیح انرژی) قدمی اساسی به سوی عملکرد جهانی بشمار می رود .

نظرارت دقیق بر شاخص مصرف انرژی و یا هزینه های مربوط به آن نشان می دهد که کدام یک از تجهیزات و یا کدام قسمت از یک ماشین به نگهداری و تعمیر نیاز دارد. به این ترتیب با انجام نگهداری و تعمیرات موثر امکان کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه عملکردی و در نتیجه افزایش سود دهی میسر می گردد در این مقاله سعی شده نقش خرابی ها و تعمیرات موردي پیش بینی نشده (توقفات اضطراری) در کاهش تولید و شدت مصرف انرژی تشریح و نیز متدهایی جهت بهینه ساختن قابلیت اطمینان عملکرد ماشین آلات و تجهیزات از طریق بکارگیری روشهای مدرن نگهداری و تعمیرات و در نهایت روشهای دستیابی به بهره وری بهینه و به تبع آن بهینه سازی مصرف انرژی ارائه گردد .

كلمات کلیدی :

سیستم نگهداری و تعمیرات (نت)

قابلیت اطمینان عملکرد ماشین آلات صنعتی (Reliability)

(planned Downtime) توقف های برنامه ریزی شده ماشین

(Unplanned Downtime) توقف های برنامه ریزی نشده ماشین

(Corrective or Breakdown Maintenance) نگهداری اصلاح گرایانه

(Preventive or Time- based Maintenance) نگهداری پیش گیرانه

(Predictive Maintenance) - نگهداری و تعمیرات مدرن

(Condition Monitoring) نظارت بر وضعیت ماشین آلات

Overall Equipment Effectiveness (OEE) اثربخشی جامع تجهیزات

۱- مقدمه (نگاهی به نگهداری و تعمیرات مدرن و ضرورت و نقش آن در صنعت) :

هم اکنون صنعت کشور در معرض رقابت پذیری فزاینده ای قرار دارد و برای آنکه بتواند در سطح استانداردهای جهانی مطرح باشد و کالا و خدمات خود را به بازارهای جهانی عرضه کند نیاز به عملکرد منطبق با استانداردهای جهانی دارد.

این به معنی این است که در صنعت ارائه خدمات و تولید کالا ، باید با کیفیتی بالا و قیمتی قابل رقابت و رعایت کلیه موازین بین المللی همراه باشد .

طراحان و سازندگان ماشین های تولیدی ، جهت افزایش ظرفیت تولید ماشین آلات و رقابت با دیگر سازندگان به سمت طراحی ماشین آلات پیچیده ، سرعت بالا و کم مصرف از نظر انرژی (به منظور کاهش هزینه های تولید و صرفه جویی ملی) روی آورده اند که این روند تحت تأثیر نیازهای رقابتی بازار استمرار دارد .

با وابستگی هر چه بیشتر به ماشین آلات پیچیده و کم مصرف (از نظر انرژی) ، موضوع قابلیت اطمینان عملکرد ماشین آلات صنعتی (Reliability) اهمیت بیشتری پیدا می کند .

قابلیت اطمینان به صورت ذیل تعریف می شود :

احتمال آنکه یک ماشین یا دستگاه عمل خواسته شده ای را بدون مشکل تحت شرایط مشخص و در زمان معینی انجام دهد را قابلیت اطمینان می گویند .

در واقع می توان گفت بهینه کردن قابلیت اطمینان عملکرد ماشین آلات (که سیستم نگهداری و تعمیر مدرن را می طلبد) ، پیش نیاز دستیابی به بهره وری بهینه و به تبع آن بهینه سازی مصرف انرژی می باشد . به این منظور، بسیاری از شرکت ها برنامه های نگهداری و تعمیرات خود را توسعه داده و به این نتیجه رسیده اند که نظارت بر وضعیت عملکرد ماشین آلات از جمله الزامات اساسی دستیابی به بهره وری بهینه و بالاخره کاهش شدت مصرف انرژی است.

البته ارزیابی نحوه عملکرد ماشین آلات نیاز به ارزیابی شاخص هایی دارد که مهمترین آنها به شرح ذیل می باشد :

- شدت مصرف انرژی
- کیفیت محصولات تولیدی
- حجم تولید
- توقف های برنامه ریزی نشده
- وقوع حوادث
- هزینه های عملکردی
- شاخص های زیست محیطی

از بین شاخص های اشاره شده، ارتباط تنگاتنگی بین نگهداری و تعمیر موثر و مصرف بهینه انرژی وجود دارد.

به زبان ساده (هرچه ماشین با بهره وری بیشتری کار کند شدت مصرف انرژی آن کاهش می یابد). شناسایی و اندازه گیری انرژی ساده است و می تواند بعنوان یکی از بهترین شاخص های عملکرد

ماشین آلات در نظر گرفته شود. نظارت (monitoring) دقیق بر مصرف انرژی و یا هزینه های مربوط به آن نشان می دهد که کدام یک از تجهیزات و یا کدام قسمت از یک ماشین به نگهداری و تعمیر نیاز دارد. به این ترتیب با انجام نگهداری و تعمیرات موثر امکان کاهش مصرف انرژی، کاهش هزینه عملکردی و در نتیجه افزایش سود دهی میسر می گردد.

در این مقاله سعی شده متدایی جهت بهینه ساختن قابلیت اطمینان عملکرد ماشین آلات و تجهیزات از طریق بکارگیری روش‌های مدرن نگهداری و تعمیرات، ارائه شود تا در نهایت به بهره وری بهینه و به تع آن بهینه سازی مصرف انرژی دست یافت.

۲- مدیریت مصرف انرژی و ارتباط آن با سیستم نگهداری و تعمیرات :

بر کسی پوشیده نیست که وجود یک سیستم نگهداری و تعمیرات مدرن نقش بسیار مهمی در کاهش شدت مصرف انرژی به اختصار از طرق ذیل دارد که قطعاً می تواند از پایه های اساسی مدیریت انرژی باشد در یک شرکت باشد :

- کاهش توقفات موردی و هدایت توقفات بسوی برنامه ریزی شدن
- افزایش راندمان تجهیزات
- بهبود سیستم تولید از نظر کمی و کیفی
- افزایش بهره وری
- کاهش تلفات تولید
- افزایش عمر مفید تجهیزات
- کنترل مصرف انرژی حرارتی و الکتریکی

پس یکی از ارکان اساسی و موثر در مدیریت انرژی ، وجود یک سیستم نگهداری و تعمیرات مدرن در کارخانجات می باشد که می توان گفت غفلت از آن بنوعی نقص مدیریت انرژی سازمان محسوب می شود . قطعاً تولید کالا با کیفیت بالاتر و هزینه کمتر (خصوصاً با اعمال مدیریت صحیح انرژی) قدمی اساسی به سوی عملکرد جهانی بشمار می رود .

۳- سیستم نگهداری و تعمیرات و اثر آن در کاهش توقفات موردی :

نگهداری و تعمیر نگهداری و تعمیر به صورت زیر تعریف می شود:

مدیریت ، کنترل و اجرای فعالیت هایی که حداقل قابلیت در دسترس بودن و عملکرد بهینه ماشین آلات را تضمین می کند.

منظور از قابلیت در دسترس بودن (Availability) (یک ماشین، در صد زمان عملیاتی بودن آن ماشین است. به عبارت دیگر قابلیت در دسترس بودن ماشین آلات ، نسبت زمان عملیاتی بودن ماشین در یک بازه مشخص زمانی بر حسب درصد است.

مدت زمان عملیاتی بودن یک ماشین (operating time) از لحاظ عددی برابر است با مدت زمان یک سال منهای مدت زمان لازم برای توقف های برنامه ریزی شده ماشین (planned Downtime) که از

ملاحظات طراحی ماشین نتیجه می شود و اجتناب ناپذیر است و مدت زمان مربوط به توقف های برنامه ریزی نشده ماشین (Unplanned Downtime) که آن نیز به علت استفاده نادرست از ماشین آلات اجتناب نا پذیر است. یکی از اهداف مهم استراتژی های نگهداری و تعمیر به حداقل رساندن زمان توقف های برنامه ریزی نشده ماشین آلات و در نتیجه تحت کنترل درآوردن و بهینه سازی مصرف انرژی و افزایش بهره وری ماشین می باشد.

تدوین مکانیزم برنامه ریزی حداکثر توقفات مجاز خطوط تولید در راستای تحقق مقدار تولید پیش بینی شده در هر دپارتمان از کارخانجات و همچنین تحت کنترل داشتن مجموعه توقفات ، تهیه گزارشات مختلف در پریودهای زمانی خاص بصورت مکتوب و تحلیل آنها در گروههای تخصصی ای که به همین منظور در شرکت ها تشکیل می شود و نیز تدوین و اجرای راهکارهای مهم و مناسب حذف و یا کاهش علل ایجاد اشکال در سیستم و تجهیزات ، می تواند نقش بسزایی در کاهش توقفات موردی و نیز هدایت توقفات به سوی برنامه ریزی شدن آنها ، داشته باشد .

تدوین برنامه کوتاه مدت تعمیراتی برنامه ریزی شده در قالب شرح فعالیتهای تعمیراتی ، انجام کلیه بازرگانی ها و اجرای فعالیت های نگهداری در ساعت غیر کاری ، پیک و تعطیلات نیز نقش بسیار ضروری در کاهش توقفات موردی خواهد داشت .

۴- نقش خرابی ها و تعمیرات موردی پیش بینی نشده (توقفات اضطراری) در کاهش تولید و شدت مصرف انرژی :

باید توجه داشت که وقتی یک ماشین در کارخانه ای خراب می شود و یا بد کار می کند ، هزینه واقعی فقط هزینه تعمیرات نبوده و هزینه های پنهان دیگری نیز وجود دارد که به مراتب از هزینه تعمیرات مهمتر می باشند.

از جمله این هزینه ها می توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱. مصرف بیشتر انرژی: در صورتی که یک ماشین در نقطه کاری بهینه خود عمل نکند مصرف انرژی آن بیشتر می شود، در نتیجه با افزایش قیمت تمام شده محصول ، بهره وری و سود دهی کارخانه کاهش می یابد.

۲. قطع تولید: ضرر و زیان ناشی از متوقف شدن خط تولید می تواند هزینه ای به مراتب بیشتر از هزینه های تعمیرات یک ماشین خراب را در برداشته باشد. بررسی ها نشان می دهد که بطور میانگین هزینه مربوط به قطع تولید ۶۵ درصد تمامی هزینه های ناشی از خرابی ماشین آلات را در بر می گیرد (شدت مصرف انرژی را در بر خواهد داشت).

۳. تولید محصولات معیوب یا با کیفیت پایین: در صورتی که ماشینی در نقطه کاری خود (نقطه بهینه عملکردی) عمل نکنند، انرژی، زمان و هزینه های تولید صرف تولید محصولاتی با کیفیت پایین می شود (شدت مصرف انرژی را در بر خواهد داشت)، که یا در بخش کنترل کیفیت مردود خواهد شد و یا عرضه آن به بازار مصرف، خسارت بزرگتری به نام و اعتبار شرکت سازنده محصول وارد می نماید .

۴. از دست دادن موقعیت های فروش: با متوقف شدن غیر قابل پیش بینی خط تولید، انجام تعهدات شرکت و یا عقد فرارداد های جدید با مشکل مواجه می شود. این امر امروز در بازار رقابت شدید جهانی می تواند خسارت جبران نا پذیری به شرکت وارد کند.

۵. نیاز به انبارداری و ذخیره سازی وسایل یدکی: جهت برطرف کردن هر چه سریع تر اشکالات به وجود آمده در خط تولید که باعث توقف آن شده است، نیاز به در اختیار داشتن حجم وسیعی از لوازم و قطعات یدکی ماشین آلات مختلف یک خط تولید می باشد تا به محض خرابی ماشین آلات و قطع تولید، امکان تعویض قطعه یا قطعات معیوب فراهم شود. این امر مستلزم سرمایه گذاری زیاد جهت تامین قطعات یدکی، انبارداری و نگهداری این قطعات می باشد.

۶. صدمه به محیط زیست: مصرف بیشتر انرژی یک ماشین که در نقطه کاری بهینه خود عمل نمی کند، مترادف با تولید آلاینده های بیشتر زیست محیطی و در نتیجه صدمه به محیط زیست می باشد. هزینه های اجتماعی ناشی از آلودگی محیط زیست در ابعاد ملی قابل ملاحظه خواهد بود.

۷. کاهش عمر مفید ماشین آلات: عملکرد ماشین آلات در خارج از نقطه کاری (بهینه) علاوه بر افزایش هزینه های ذکر شده، باعث کاهش عمر مفید ماشین آلات و در نتیجه کاهش بهره وری سرمایه گذاری اولیه برای خرید ماشین آلات می شود

کاهش بهره وری نیروی انسانی: بهره برداری از ماشین آلات معیوب، اثر منفی بر روی نیرو و تمرکز فکری کارکنان داشته و از طریق کاهش بهره وری نیروی کار به افزایش هزینه ها می انجامد.

۸. با توجه به نقش اساسی و اهمیت موضوع نگهداری و تعمیر جهت افزایش بهره وری ماشین آلات و کاهش شدت مصرف انرژی، در ادامه به تشریع فلسفه ها و استراتژی های مختلف موجود در این زمینه پرداخته می شود

۵- فلسفه و استراتژی های مختلف نگهداری و تعمیرات گذشته و نگهداری و تعمیرات مدرن و مزایای آنها :

۱-۵- نگهداری اصلاح گرایانه (Corrective or Breakdown Maintenance)

در این استراتژی به ماشین آلات اجازه داده می شود تا هنگامی که دچار خرابی نشده به کار خود ادامه دهند و فقط زمانی نسبت به تعمیر آن اقدام می شود که خرابی رخ داده باشد.

معایب این شیوه نگهداری عبارت است از :

- احتمال وقوع خسارت های ثانویه به ماشین آلات دیگر.
- افزایش احتمال وقوع خطرات ناشی از حوادث.
- افزایش توقف های برنامه ریزی نشده خط تولید.
- نگهداری و تعمیر بدون برنامه ریزی قبلی.
- اتلاف مواد اولیه و کاهش کیفیت محصولات تولیدی.
- نیاز به انبارداری لوازم و قطعات یدکی.

اتخاذ این روش نگهداری در موقعي امكان پذير است که توقف های بدون برنامه ريزی باعث بروز مشكلات زيادي نشده و به علاوه قيمت تجهيزات که به اين روش نگهداري مى شود زياد نبود و زمان توقف خط توليد برای تعimirات نيز کم باشد.

كاربرد اين روش برای ماشين آلات حساس به دلائل زير مناسب نيست :

- تاثير سود خرابي يك ماشين بر روی بقیه ماشين آلات و فرآيند توليد.
 - در صنایع حساس مانند صنعت هواپيمايی، صنایع نيروگاهي، پتروشيمي و غيره ...
 - کاهش شديد در آمد هاي توليد به دليل خراب شدن ماشين آلات در نامناسب ترين موقع مثلا در هنگام زمان توليد با ظرفيت بالا.
 - وقوع خرابي در شب هنگام و يا در تعطيلات آخر هفته.
 - فرآيند هايي که امكان توقف (حتى کوتاه مدت) آنها امكان پذير نيست مثلا در کوره هاي مورد استفاده در صنایع پتروشمي، شيشه، سيمان و ... که اگر يك ماشين حساس از کار بيفتد ممکن است باعث انجماد مذاب و از کار افتادن خط توليد شود.
- از آنجائیکه زمان وقوع خرابي مشخص نمى باشد، نياز به سرمایه زيادي جهت تامين حجم وسیعی از قطعات و وسائل يدکی و هزينه هاي مربوط به انبارداري آنها مى باشد.

۲-۵- نگهداري پيش گيرانه (Preventive or Time- based Maintenance)

در اثنای جنگ دوم جهانی، ماشين آلات به علت افزایش حجم تولیدات صنعتی، پيچیده تر شدند. افزایش پيچيدگی ماشين آلات مشكلات بيشتری را در خصوص نگهداري و تعimir آنها در دهه ۱۹۶۰ پدید آورد. در چنین شرایطي جهت کاهش ميزان خرابي ماشين آلات ، روش نگهداري پيش گيرانه ابداع شد.

در اين استراتژي در زمان هاي مشخص از قبل تعیین شده توسط سازنده اصلی ماشين نسبت به بازرسي، نگهداري و تعimir و سرويس بخش هاي مختلف ماشين و همچنین تعimirات اساسی ماشين (Overhaul) اقدام مى گردد. هدف از اين کار کاهش احتمالي خرابي و يا عملکرد نا مطوب ماشين مى باشد. امروزه اين روش ، همانند روش نگهداري اصلاح گرایانه تنها در موارد محدودی (مثلا در فیلتر ها) مورد استفاده قرار مى گيرد.

اما موارد زيادي وجود دارد (خصوصا برای ماشين هاي حساس) که اين روش را از لحاظ فني و اقتصادي به دلائل زير مقرون به صرفه نمي سازد:

- ماشين آلات باید جهت بازرسي ها متوقف شوند که این به معنای افزایش توقف خط توليد و کاهش توليد محصولات مى باشد.
- بر آورد و تخمين زمان تعimirات اساسی مشکل مى باشد.
- خطر خرابي هاي زود هنگام (Premature Failures) (بلا فاصله بعد از تعimirات اساسی بعلت ورود خطايان انساني در مرحله تعimirات خصوصا هنگام موتراز قطعات وجود دارد.
- تعimirات بسياري از قطعات (ونه فقط قطعات خراب) را در بر مى گيرد.
- جهت استفاده دوباره از قطعات قبلی نياز به متخصص وجود دارد.

- جهت تعمیرات اساسی نیاز به متخصص وجود دارد.
- تعمیرات اساسی زمان بر می با شند.
- تضمینی برای عدم وقوع خرابی کلی و ناگهانی ماشین آلات وجود ندارند.

۳-۵- نگهداری پیش گویانه (Predictive Maintenance) - نگهداری و تعمیرات مدرن

بطور خلاصه نت پیشگویانه به مجموعه فعالیتهایی اطلاق می‌گردد که جهت تعیین شرایط فنی کارکرد اجزاء ماشین (اندازه‌گیری میزان فرسایش اجزاء) در حین بهره‌برداری انجام گردیده و بر اساس نتایج حاصله از آن، زمان و نوع فعالیت نت مورد نیاز تعیین می‌گردد.

از سال ۱۹۶۰ به بعد سهم هزینه‌های نگهداری نسبت به کل هزینه‌های تولید افزایش شدیدی پیدا کرد. زمان توقف‌های برنامه ریزی نشده بر ظرفیت تولید تاثیر منفی گذاشت و باعث کاهش تولید و افزایش هزینه‌های تولید و نارضایتی مشتری شد. بین سال‌های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ این مساله در صنایع تولیدی، معدنی و حمل و نقل اهمیت فراوانی یافت.

خرابی ماشین آلات تاثیر منفی بیشتری بر روی کیفیت تولیدات، محیط زیست و ایمنی وارد آورد. به علت رقابت فراینده و وضع قوانین و مقررات محدود کننده (مانند مقررات زیست محیطی، خصوصی سازی و ...)، حفظ و نگهداری منابع و دارایی‌های یک شرکت مشکل تر شد. هم‌زمان با اتو ماسیون هر چه بیشتر کارخانجات تولیدی، بزرگ شدن کارخانجات و توسعه سیستم‌های تولید انعطاف پذیر، قابلیت اطمینان، قابلیت در دسترس بودن و قابلیت تعمیر پذیری ماشین آلات (Maintainability) از اهمیت بیشتری برخوردار گردید. در چنین شرایطی با توسعه سیستم‌های کنترلی، میکروپر و سسوروی و همچنین اقتصادی شدن استفاده از چنین سیستم‌هایی، روش نگهداری پیش گویانه توسعه یافت. در این شیوه با نظارت بر وضعیت ماشین آلات تا سر حد امکان از آنها استفاده بهینه می‌گردد.

این روش شامل تحلیل حالت‌های خرابی و اثرات آن (FMEA: Failure mode and Effect Analysis) نیز می‌گردد.

سیستم‌های خبره (Expert systems) و استراتژی‌های نظارت بر وضعیت ماشین آلات (Condition Monitoring) جهت کمک به نگهداری بهینه ماشین آلات و اتخاذ تصمیمات نگهداری توسعه یافتند.

خصوصیات بارز روش نگهداری پیش گویانه به شرح زیر می‌باشد:

- نظارت دقیق بروضعيت ماشین آلات انجام شده و زمان خرابی آن پیش‌بینی می‌شود.
 - برنامه تعمیرات و نگهداری از قبل تهیه می‌شود.
 - ماشین آلات تنها زمانی تعمیر می‌شوند که به تعمیر نیاز دارند.
 - تعمیرات فقط بر روی قسمت‌های خراب ماشین اجرا می‌شود.
- مزایای سیستم نگهداری پیش گویانه را به شرح زیر می‌توان بر شمرد:
- عملکرد بهتر و افزایش قابلیت در دسترس بودن (کاهش توقفات موردنی) و افزایش قابلیت اطمینان ماشین آلات.

- ایمنی بیشتر.
- ارتقاء کیفیت محصولات تولیدی.
- توجه بیشتر به محیط زیست.
- افزایش عمر مفید ماشین آلات.
- افزایش بهره وری تولید

در مجموع می توان گفت فعالیتهای نت پیشگویانه عبارتند از :

بازرسی فنی توسط حواس انسانی :

انجام بازرسی فنی توسط پرسنل ماهر نت با استفاده از حواس انسانی (همچون بازرسی سر و صدای غیرعادی یا گرم شدن بیش از حد اجزاء)

اندازه‌گیری فرسایش با استفاده از ابزار توسط انسان :

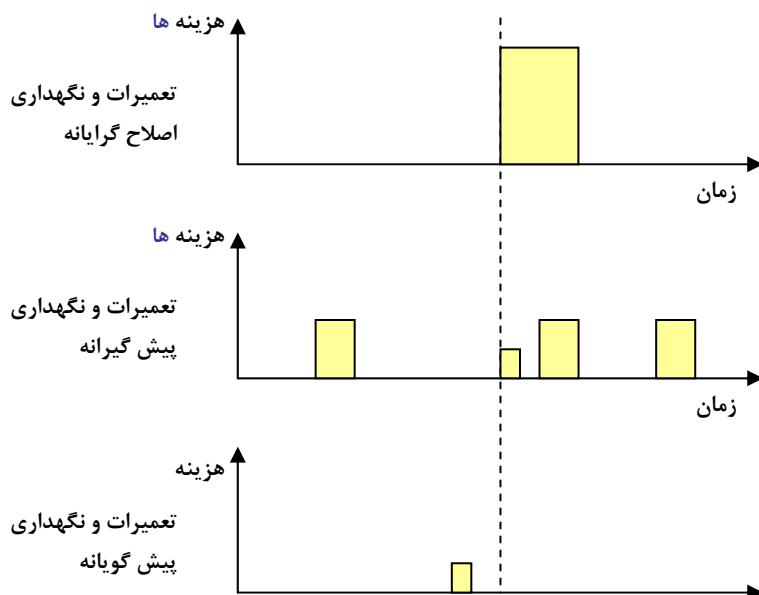
بازرسی فنی اجزاء ماشین و اندازه‌گیری فرسایش با استفاده از ابزارهایی همچون ارتعاش‌سنج، حرارت‌سنج، آنالایزر روغن . در این روش بازرس PM در فواصل زمانی مشخص و در حین کارکرد ماشین با استفاده از ابزار نسبت به اندازه‌گیری میزان فرسایش اجزاء اقدام و نتایج به دست آمده را با محدوده کارکرد مجاز اجزاء مقایسه می‌نماید . تصمیم جهت ادامه کار ماشین و یا توقف آن جهت انجام فعالیتهای نت بر اساس نتایج حاصله از این تحلیل خواهد بود . در این روش هیچ فعالیت اضافی نت انجام نمی‌گیرد و برهمین اساس عبارت نت اقتصادی نیز به این گروه از فعالیتهای نت اطلاق می‌گردد .

بازرسی و اندازه‌گیری پیوسته توسط ابزار :

امروزه استفاده از روش کنترل پیوسته توسط طراحان ماشینهای صنعتی به عنوان روشی جهت جلوگیری از خطاهای برنامه‌ریزی نت مورد توجه قرار گرفته است . فیلترهای هوا مجهز به سنسورهایی جهت تعیین زمان دقیق تعویض فیلتر شده‌اند ؛ برای یاتاقانها سنسورهای حرارتی طراحی گردیده تا زمان دقیق روانسازی آنها مشخص و به اپراتورها اعلام گردد و

نمودار شماره ۱ : مقایسه ای هزینه - زمان سه روش نگهداری

خرابی و توقف ماشین



۱-۳-۵- اصول روش نظارت بر وضعیت ماشین آلات :

در این روش، اندازه گیری برخی از کمیات مهم ماشین، وضعیت عملکردی ماشین را مشخص می کند. نظارت بر وضعیت ماشین (Condition Monitoring) یکی از اجزا اساسی استراتژی نگهداری پیش گویانه می باشد.

اصل اساسی در روش نظارت بر عملکرد ماشین آلات ، انتخاب و اندازه گیری یکی از پارامتر های فیزیکی ماشین می باشد که نشان دهنده شروع خرابی ماشین است. هر نوع روند افزایشی (یا کاهشی) پارامتر مذکور می تواند نشان دهنده بروز و توسعه یک اشکال و ایراد ماشین باشد. البته عملکرد ماشین تا رسیدن به یک حد خطر متوقف نخواهد شد.

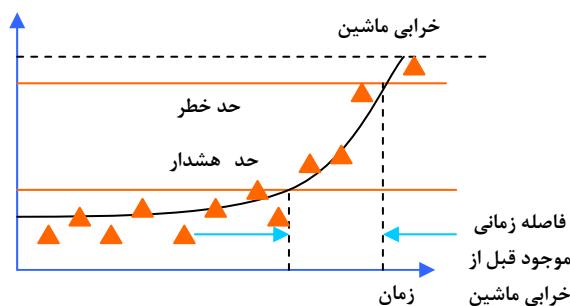
در این روش دو حالت مهم باید تشخیص داده شود:

۱. بروز یک اشکال (حد هشدار Alert).

۲. رسیدن به حد اکثر مجاز اشکال تا قبل از خرابی ماشین (حد خطر Danger).

پس از مشاهده اولین نشانه های بروز یک اشکال در ماشین، یک فاصله زمانی (Lead Time) تا خرابی ماشین وجود دارد که در این مدت زمان، کیفیت عملکرد ماشین کاهش نیافته یا کاهش کمی پیدا می کند . با محاسبه زمانی که سیستم به وضعیت هشدار می رسد و فاصله زمانی موجود تا خرابی ماشین می توان برنامه تعimirات و نگهداری را از قبل برنامه ریزی کرد و در نتیجه از توقف های برنامه ریزی نشده و تبعات نا مطلوب آن جلو گیری نمود. وقتی که ماشین در وضعیت خطر قرار می گیرد اقدام اصلاحی باید بلا فاصله صورت پذیرد. در غیر اینصورت ، ماشین جهت رفع اشکال، باید بی درنگ متوقف گردد.

نمودار شماره ۲



پارامترهای مختلفی می تواند جهت بررسی حالت ماشین اندازه گیری شود. از آنجمله می توان به مواردی همچون: کیفیت روغن، صدا، ارتعاش، دما، فشار و دبی اشاره کرد.

جدول زیر نشان دهنده ارتباط بین عیوب مختلف یک ماشین و پارامترهای مورد اندازه گیری می باشد.

جدول شماره ۱

نوع عیب ماشین آلات	تحلیل روغن	تحلیل سروصدای	تحلیل ارتعاشات	تحلیل دما
عدم توازن			۱	
نا هم محوری			۱	
عیوب یاتاقان های غلتکی	X	X	۱	X
عیوب یاتاقان های لغزشی	X	X	X	X
عیوب چرخ دندنه ها	X	X	۱	
تشدیدダメنه های ارتعاشات		X	۱	
کاویتاسیون		X	X	
خمش محورها			۱	
عدم توازن الکتریکی			۱	
نایپیداری فیلم روغن	O		۱	
عیوب تسمه های انتقال قدرت			X	
کثیفی ماشین آلات			۱	
آلودگی روغن روانکاری	۱			
فقدان روغنکاری	X	X	X	X

کاربرد ندارد

O خیلی مناسب نیست

۱ کاملاً مناسب است

X به طور متوسط کاربرد دارد

۱-۳-۵- تحلیل ارتعاشات (Vibrational Analysis)

همانطور که مشخص است ، میزان ارتعاش ، بیشترین ارتباط را با عیوب مختلف یک ماشین دارد. در صورتیکه اندازه گیری ارتعاشات با اندازه گیری کیفیت روغن همزمان انجام شود، اکثر عیوب ماشین آلات، شناسایی می گردد.

بررسی ها نشان می دهد که در ۹۰ درصد خرابی ماشین آلات ، تغییراتی در رفتار ارتعاشی ماشین بوجود می آید. با شناسایی این تغییرات در نحوه ارتعاش ماشین آلات می توان به زمان و نحوه خرابی ماشین آلات پی برد. اغلب عیوب به افزایش میزان ارتعاش ماشین آلات منجر می شود . ایراداتی نظیر عدم هم محوری (Misalignment) ، نامیزانی (Unbalance) ، لقی بیش از اندازه در یاتاقان ها (Clearance) ، قطعات سائیده شده و فرسوده همگی باعث تغییر در میزان و نحوه ارتعاش ماشین می گردند.

هیچ کمیت دیگری نمی تواند اطلاعاتی را تا این حد در خصوص وضعیت سلامت عملکرد ماشین آلات در اختیار قرار دهد.

۲-۱-۳-۵- تحلیل روغن (Oil Analysis)

تحلیل روغن یکی از روش های مهم نظارت بر وضعیت ماشین آلات می باشد. در این شیوه ویژگی ها فیزیکی و شیمیایی روغن روانکاری مورد استفاده در وسایل مکانیکی و الکتریکی مورد ارزیابی قرار می گیرد. با استفاده از روش تحلیل روغن، میزان فساد ترکیب موجود در روغن مانند افروندی های روغن مشخص می گردد. مقایسه میزان ذرات فلزی موجود در نمونه های متوالی روغن نشان دهنده الگوی سایش قسمت های غوطه ور در روغن دستگاه بوده و می تواند نشانه هایی از خرابی احتمالی دستگاه را نمایان کند. در گذشته تحلیل روغن فرآیندی کند و پر هزینه بوده و از طریق روش هایی سنتی در آزمایشگاه ها صورت می گرفت و نیازی به تعداد زیادی نیروی انسانی ماهر داشت.

سیستم های کنونی مبتنی بر عملکرد میکروپروسسوری است و عمل تحلیل روغن را بصورت اتوماتیک انجام داده و در نتیجه در هزینه، زمان و نیروی انسانی مورد نیاز صرفه جویی می کند.

کاربرد اصلی تحلیل روغن در کنترل کیفیت روغن روانکاری، کاهش منابع ذخیره روغن و تعیین بهترین زمان تعویض می باشد. مزایای کامل روش تحلیل روغن وقتی حاصل می آید که نمونه برداری های منظم و تهیه نمودارهای روند کیفی روغن و ذرات فلزی و غیرفلزی موجود در آن برای هر یک از ماشین آلات در کارخانه انجام پذیرد. در این صورت اطلاعات کافی برای تصمیم گیری های نگهداری فراهم می آید.

۳-۱-۳-۵- تصویر برداری حرارتی (Thermography)

تصویر برداری حرارتی روشی است که توسط آن می توان وضعیت یک ماشین، سازه یا سیستم را مورد نظارت قرار داد. در این شیوه از وسایلی برای نظارت بر تشعشعات مادون قرمز سیستم ، جهت تعیین وضعیت عملکردی آن استفاده می شود. با تشخیص بی نظمی های موجود در الگو های حرارتی یک سیستم صنعتی، یک ممیز خبره می تواند به آغاز وقوع یک اشکال پی ببرد.

فن آوری مادون قرمز (Infrared) بر اساس این واقعیت استوار است که تمامی اجسام با دمایی بالاتر از صفر مطلق از خود بصورت تشعشعی، انرژی ساطع می کنند. تشعشعات مادون قرمز دارای بلند ترین طول موج ها در میان انواع انرژی های تشعشعی بوده و بدون وجود ابزار مخصوص قابل روئیت نمی باشند.

۴-۱-۳-۵- نظارت عملکردی (Performance Monitoring)

نظارت عملکردی (performance Monitoring) به نظارت بر وضعیت ترمودینامیکی یک فرآیند یا ماشین مربوط می شود. با نظارت بر دما و فشار جریان های ورودی/ خروجی ، دبی جریانها و سرعت یک ماشین محاسبه پارامترهای زیر مقدور می باشد.

- بازده حرارتی
- حد فشار

این پارامتر ها اطلاعات کافی جهت اطمینان از کارکرد بهینه اقتصادی و تحت کنترل داشتن مصرف انرژی با حداقل اثرات زیست محیطی در پمپ ها، توربین ها و کمپرسور ها را فراهم می کنند.

نکته حائز اهمیت این است که نظارت عملکردی، اطلاعات کافی جهت عیب یابی ماشین آلات را فراهم نمی‌کند اما وقتی که با آنالیز ارتعاشات و روش‌های دیگر نظارتی همراه شود، در عیب یابی کمک می‌کند.

۶- بیان یک نمونه واقعی :

در ذیل نمونه‌ای واقعی از سیستم کنترل توقفات تشریح می‌شود :
علل اصلی توقفات کوره ساتالایتی در سال مالی ۸۴-۸۳ مورد بررسی دقیق و کارشناسی قرار گرفت و مشخص گردید عناوین ذیل بیشترین سهم را در توقف کوره ایفا نموده اند :

- اشکالات الکتروفیلتر
 - ریزش مواد از ساتالایتها و سرخ کردن آنها
 - اتمام موادر سیلوهای مواد خام
 - قطع فن‌های پشت دوپل
 - قطع موتور اصلی و ضربه برق
- که با تدوین یک مکانیزم مناسب کنترل توقفات برنامه ریزی شده و موردي، پس از بررسی ریشه ای علل ایجاد توقفات موردي اقدامات ذیل در طول سال مالی بعد (۸۵-۸۴) انجام پذیرفت :

- تدوین برنامه تعمیرات اساسی واحدها با نگرشی عمیق نسبت به علل ایجاد توقفات (مبتنی بر کاهش و یا حذف علل)
- تلاش در راستای اجرای کلیه فعالیتهای برنامه ریزی شده (بطوریکه با پیشرفتی معادل ۳ درصد نسبت به سال قبل در مجموع ۸۴/۳۸ درصد کل پروژه‌های تعمیراتی مطابق برنامه به اجرا درآمد)
- اعمال کنترل دقیق بر اجرای فعالیت‌های تدوین شده در سیستم PM
- تدوین دستورالعمل‌های جدید و بهبود قبلی‌ها بمنظور کنترل و نظارت بر وضعیت ماشین آلات
- بررسی و تعویض قطعات فرسوده به جای ترمیم (تا حد امکان)
- پیگیری اشکالات استخراج شده در سیستم PM در طول فاصله زمانی بین دو تعمیر اساسی از طریق مکاتبه، صدور در خواست کار، درج در برنامه تعمیرات کوتاه مدت، درج در برنامه تعمیرات نیمه اساسی واساسی، طرح در جلسات فنی و یا بصورت تلفنی
- اقدام به تدوین و اجرای سیستم اثربخشی جامع تجهیزات - OEE با هدف شناسایی و حذف علل توقفات و معضلات تولید
- تدوین و پیاده سازی نظام 5S در واحدهای تولیدی با هدف ساماندهی محیط کار، شناسایی و رفع منشأ آلودگیها و در نهایت بمنظور جلوگیری از خرابی زود هنگام تجهیزات

در نهایت با اعمال مدیریت کنترل توقفات و پیگیری نتایج در جلسات هفتگی مدیران در سال مالی ۸۵-۸۴ نسبت به سال قبل ۱۹٪ کاهش توقفات حاصل گردید .

نتیجه گیری :

همانطوریکه در سراسر مقاله اشاره شد ، اجرای یک سیستم نگهداری و تعمیرات موثر و مدرن به جهت کنترل توقفات و کاهش توقفات موردنی و در نهایت کاهش شدت مصرف انرژی بسیار ضروری است . به منظور اجرای مدیریت موثر انرژی در کارخانجات از طریق ایجاد سیستم نت مدرن ، استفاده از متدهای پیشرفته ای مانند اثربخشی جامع تجهیزات (Overall Equipment Effectiveness) و

نیز مواردی به شرح ذیل نتیجه گیری می شود :

بهینه سازی مستمر نحوه استخراج ، دریافت ، ثبت و پردازش داده های نگهداری و تعمیرات ، ارتقاء مستمرسطح تخصص ، مهارت و آموزش متخصصان نت و گروههای اجرایی نت ، بهینه سازی پیوسته دستورالعمل های نت (شامل : فعالیت های پیشگیرانه ، فعالیت های تعمیراتی ، CM ، . . .) با انتخاب و ارتقاء مناسب روشهای نظارتی بر وضعیت ماشین آلات .

مراجع :

- ۱- وبلاگ نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر
- ۲- آرشیو سازمان بهره وری انرژی ایران
- ۳- سوابق واحد امور مهندسی و برنامه ریزی شرکت سیمان آبیک

4- MaintenanceJournal.com

5- www.TPM.com

6- www.OEE.com